Über die Erklärung des Waltenhofen'schen Phänomens der anomalen Magnetisirung.

Von **Wilhelm Peukert.**

(Aus dem k. k. elektrotechnischen Institute in Wien.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 31. März 1887.)

Die oben genannte Erscheinung, welche zuerst von Dr. A. v. Waltenhofen[1] (1863) an weichen Eisenstäben beobachtet wurde, besteht bekanntlich darin, dass unter gewissen Bedingungen ein Eisenstab in einer Magnetisirungsspirale eine Polarität annehmen kann, welche der von der magnetisirenden Wirkung des Stromes herrührenden entgegengesetzt ist. Diese Erscheinung, welche nur als das Ergebnis einer secundären Wirkung aufzufassen ist, kann dann eintreten, wenn der magnetisirende Strom plötzlich unterbrochen wird. Bei der Untersuchung des magnetischen Rückstandes, welchen elektromagnetisirte Eisenmassen nach der Unterbrechung des magnetisirenden Stromes zeigen, fand v. Waltenhofen, dass die Grösse dieses Rückstandes wesentlich von der Art der Unterbrechung abhängt, indem bei allmäliger Unterbrechung durch Einschaltung von immer grösseren Widerständen das magnetische Residuum stets bedeutend grösser war als bei plötzlicher Unterbrechung des Stromes. In dem letzteren Falle war oft der magnetische Rückstand entgegengesetzt dem verschwundenen temporären Magnetismus des Eisenstabes, welcher also nach der Unterbrechung einen Polwechsel zeigte und wurde daher von Dr. A. v. Waltenhofen als eine anomale Magnetisirung bezeichnet.

v. Waltenhofen hat für diese Erscheinung auch eine Erklärung gegeben, welche als eine unmittelbare Folgerung aus der Hypothese drehbarer Molecularmagnete sich ergibt unter der Annahme, dass die Bewegungen der drehbaren magnetischen

---

[1] Dr. A. v. Waltenhofen: Über eine anomale Magnetisirung des Eisens. Diese Sitzungber. [2] 48, S. 564, 1863.

Molecüle des Eisens nur unter dem Einflusse einer inneren Reibung stattfinden können.

v. Waltenhofen sagt diesbezüglich:[1] „Denkt man sich die Molecularmagnete durch eine magnetisirende Einwirkung gedreht, so ist nach der so eben ausgesprochenen Voraussetzung klar, dass sie bei allmäligem Nachlassen und Verschwinden dieser Kraft andere Ruhelagen annehmen müssen, als bei einem plötzlichen Aufhören derselben.

Im ersten Falle werden die Reibungswiderstände, bei der nur langsam gestatteten Bewegung der Molecüle, den vollständigen Rücktritt in die ursprünglichen Gleichgewichtslagen verhindern; im zweiten Falle dagegen wird die Schnelligkeit der rückgängigen Bewegung, nach Massgabe der grösseren lebendigen Kräfte, welche die Molecüle nach plötzlicher Aufhebung des Spannungszustandes erlangen, dieselben weiter gegen die ursprünglichen Gleichgewichtslagen zurückführen, und in manchen Fällen sogar kleine Überschreitungen dieser Gleichgewichtslagen bedingen können. Geschieht das letztere, so ist auch die weitere Annahme zulässig, dass eine Anzahl von Molecularmagneten jenseits der überschrittenen Gleichgewichtslagen zurückbleiben, und somit eine dem aufgehobenen elektromagnetischen Zustande entgegengesetzte magnetische Fernwirkung bedingen kann."

Die Erscheinung der anomalen Magnetisirung wurde von späteren Beobachtern wiederholt bestätiget, so von Righi[2] und auch durch Versuche von Bartoli und Alessandri,[3] welche neuerdings zeigten, dass bei allmäliger Unterbrechung des magnetisirenden Stromes durch Einschaltung immer grösserer Widerstände, wie z. B. von Säulen von Zinkvitriollösung, sich nie die anomale Magnetisirung zeige.

Fromme,[4] welcher auch ausgedehnte diessbezügliche Untersuchungen ausgeführt hat, welche auch eine Abhängigkeit

---

[1] Diese Sitzungber. [2] 48, S. 565.

[2] Compt. rend. 90, pag. 688, 1880, Beibl. 4, S. 556.

[3] Bartoli u. Alessandri. Nuovo Cimento [3] 8, pag. 16, 1880. Beibl. 4, S. 738. Hierher gehören auch die Versuche von Dr. Külp über die magnetische Coërcitivkraft. Carl Rep 16, 1880.

[4] Fromme, Wiedem. Ann. 5, S. 345, 1878; 13, S. 323, 1881; 18, S. 442, 1883.

des temporären magnetischen Momentes eines Eisenstabes von der Art der Stromschliessung ergeben haben, schliesst sich der v. Waltenhofen'schen Erklärung der anomalen Magnetisirung an, und sieht auch die Oscillationen der magnetischen Molecüle bei rascher Stromänderung als Ursache der Erscheinung an. Dagegen hält sie G. Wiedemann für eine secundäre Wirkung der bei der Stromunterbrechung auftretenden Inductionsströme und sagt:[1] „Wird der Kreis einer Magnetisirungsspirale plötzlich geöffnet, so entsteht in ihm ein Extrastrom, der noch durch die Abnahme des Momentes des Magnets in ihr verstärkt wird. An den Elektroden der Unterbrechungsstelle sammeln sich freie Elektricitäten mit grosser Dichtigkeit an, welche sich zum Theil in Funken, zum Theil aber auch durch die Spirale rückwärts ausgleichen und eventuell zu weiteren Oscillationen Veranlassung geben können. Da nun schwächere magnetisirende Kräfte den durch eine stärkere Kraft erzeugten permanenten Magnetismus eines Kernes sehr bedeutend vermindern, ja sogar umkehren können, so kann dies auch durch die rücklaufenden Ströme in der Magnetisirungsspirale geschehen und so die permanente Magnetisirung negativ werden. Hierbei brauchen zunächst noch keine Inductionsströme in der Masse des Kernes mitzuwirken."

Eine gelegentliche Discussion mit Herrn Regierungsrath v. Waltenhofen über die anomale Magnetisirung führte mich auf den Gedanken, durch eine experimentelle Untersuchung diese Wiedemann'sche Erklärung näher zu prüfen. Sind in der That die rückläufigen Öffnungs-Inductionsströme als Ursache der anomalen Magnetisirung anzusehen, so dürfte sich bei einer experimentellen Anordnung, durch welche diese Ströme verhindert werden, die Erscheinung nicht zeigen, tritt sie aber trotzdem ein, so würde dies zu Gunsten der v. Waltenhofen'schen Erklärung sprechen.

Bei den diesbezüglichen Versuchen, welche zunächst beschrieben werden sollen und zu denen mir Herr Regierungsrath v. Waltenhofen dieselben Eisencylinder, an welchen er die Erscheinung zuerst beobachtet hat, freundlichst zur Verfügung stellte, wurde durch Umlegen einer Quecksilberwippe noch vor

[1] G. Wiedemann: Elektricität IV., 1885, S. 279

plötzlicher Stromunterbrechung die Magnetisirungsspirale kurz geschlossen, so dass also die oben erwähnten rückläufigen Öffnungs-Inductionsströme nicht zu Stande kamen.

Ich benutzte bei den Versuchen das v. Waltenhofen'sche Elektromagnetometer;[1] die Magnetisirungsspiralen desselben, welche 91 Mm. lang, bei 30 Mm. inneren und 73 Mm. äusserem Durchmesser, aus 6×24 Lagen eines 3 Mm. dicken Kupferdrahtes bestehen, befanden sich in je gleicher Entfernung östlich beziehungsweise westlich, einer genau gearbeiteten Bussole gegenüber, und waren so verbunden, dass bei Durchleitung des Stromes sich ihre Wirkungen auf die Nadel compensirten. Diese war 3 Ctm. lang und mit 4·5 Ctm. langen Aluminiumzeigern versehen, welche auf einer Kreistheilung spielten. Die beiden Eisencylinder, mit welchen ich experimentirte, hatten eine Länge von 103 Mm. und 28 beziehungsweise 28·3 Mm. Durchmesser.

Bei den Versuchen wurde so vorgegangen, dass zunächst die genaue Compensation der beiden Magnetisirungsspiralen auch beim stärksten Strome controlirt wurde, hierauf wurde der Eisencylinder in die Magnetisirungsspirale eingeführt, der Strom geschlossen und durch allmälige Ausschaltung von Widerständen auf eine gewisse Intensität gebracht. Nachdem der Eisencylinder kurze Zeit (einige Secunden) der magnetisirenden Wirkung des Stromes ausgesetzt war, wurde dieser durch rasches Umlegen einer Wippe plötzlich unterbrochen und noch vor der Unterbrechung durch einen Nebenschluss, bestehend aus einem kurzen dicken Kupferdrahte, die Magnetisirungsspirale kurz geschlossen.

Da es mir nun, wie nachfolgende Zusammenstellung der Versuchsdaten zeigt, bei der beschriebenen experimentellen Anordnung wiederholt gelungen ist, eine anomale Magnetisirung zu beobachten, scheint mir diese Thatsache für die Richtigkeit der v. Waltenhofen'schen Erklärung zu sprechen. Die in der Tabelle enthaltenen temporären Momente sind nach der Formel

$$M = \frac{1}{2} e^3 H \left(1 - \frac{1}{2} \frac{l^2}{e^2}\right) tg\,\alpha$$

[1] Eine genaue Beschreibung des Apparates findet sich in v. Waltenhofen: Über das elektromagnetische Verhalten des Stahles. Wiener Ber. [2] 48, S. 521, 1863.

gerechnet. Hierbei ist die Horizontalintensität $H = 0\cdot209$, die Entfernung e des Drehpunktes der Nadel von der Mitte des Eisencylinders = 33 Ctm. und als Poldistanz l des Kernes nach F. Kohlrausch und Hallock 0·83 seiner Länge gesetzt.

Nr.	Stromstärke in Ampère	Ablenkung	Temporäres magnet. Moment	Magn. Rückstand	
1	8·4	66·3	8267·9	—0·3	Eisencylinder I.
2	8·5	66·2	8228·9	—0·4	
3	8·4	66·2	8228·9	—0·3	
4	5·1	55·1	5202·6	—0·1	
5	8·5	66·7	8427·3	—0·1	
6	8·5	66·7	8427·3	—0·3	
7	8·5	66·4	8307·3	—0·5	Eisencylinder II.
8	8·5	67·1	8591·9	—0·1	
9	8·4	66·8	8468·0	—0·1	
10	8·5	66·3	8267·9	—0·1	
11	9·0	68·0	8983·0	—0·1	
12	9·0	67·9	8938·1	—0·1	
13	9·0	67·9	8938·1	—0·1	
14	8·5	66·9	8508·9	—0·1	
15	8·5	66·9	8508·9	—0·1	
16	12·0	73·0	11871·2	—0·1	

Nur der Vollständigkeit wegen sind in die Tabelle auch jene Fälle aufgenommen, wo der negative Rückstand blos 0·1 war; es soll aber damit auch diesen Werthen wegen der denselben anhaftenden Unsicherheit keine besondere Bedeutung beigelegt werden, da die anderen Werthe für den Nachweis genügen dürften, dass auch bei der beschriebenen Anordnung des Versuches eine anomale Magnetisirung eintreten kann.

Allerdings wären noch die in der Masse des Eisens beim schnellen Unterbrechen des magnetisirenden Stromes auftretenden

alternirenden Inductionsströme bei der Erklärung der anomalen Magnetisirung in Betracht zu ziehen, wie dies auch G. Wiedemann[1] thut, doch dürfte in diesen, schon mit Rücksicht auf ihre Dauer, kaum die Ursache der Erscheinung zu suchen sein.

Bemerkt sei noch, dass die hier mitgetheilten Versuchsdaten jene Werthe aus vielen Versuchen sind, bei welchen sich eben die Erscheinung zeigte; in den überwiegend meisten Fällen war bei plötzlicher Stromunterbrechung der Rückstand Null, und nur in wenigen Fällen betrug er einige Zehntel Grade in positivem Sinne. Das Gelingen des Versuches lässt sich nicht im Vorhinein voraussagen, es ist immer ein mehr oder weniger zufälliges, doch kommt es hierbei, wie bereits bekannt, auf ein möglichst plötzliches Unterbrechen des Stromes an; auch scheint die Stromstärke selbst von wesentlichem Einflusse zu sein, da die Erscheinung in den meisten Fällen bei derselben Stromstärke eintrat, trotzdem ich auch bei sehr verschiedenen anderen Stromintensitäten arbeitete. Die mitunter etwas verschiedenen temporären Momente für die gleiche magnetisirende Stromstärke dürften davon herrühren, dass der magnetisirende Strom nicht in allen Fällen in ganz gleicher Weise seine Maximalintensität erreichte, da bekantlich das temporäre Moment nicht unabhängig ist von der Art der Zunahme des magnetisirenden Stromes.

---

[1] Beiblätter 5, S. 65, und G. Wiedemann, die Lehre von der Elektricität, IV., 1885, S. 279.